

Raskaiden aseiden ja räjäytysten melun arviointi

Tapio Lahti, Timo Markula

RAKENNETTU
YMPÄRISTÖ



Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2018

Raskaiden aseiden ja räjäytysten melun arviointi

Ympäristöministeriö

ISBN: 978-952-11-4801-9

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2018

Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö	1.9.2018	
Tekijät	Tapio Lahti, Timo Markula		
Julkaisun nimi	Raskaiden aseiden ja räjäytysten melun arviointi		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2018		
Diaari/hankenumero	VN/3430/2018	Teema	Rakennettu ympäristö
ISBN PDF	978-952-11-4801-9	ISSN PDF	1796-1653
URN-osoite	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4801-9		
Sivumäärä	46	Kieli	suomi
Asiasanat	Melu, ääni, raskaat aseet, räjäytykset, ampuma- ja harjoitusalueet, melumittaus, melumallinnus		
Tiivistelmä <p>Raskaiden aseiden ja räjäytysten melu eroaa monin tavoin muusta ympäristömelusta. Ampuma- ja harjoitusalueiden toiminnan tuottamassa melussa on useita erityispiirteitä, jotka lisäävät melun häiritsevyyttä.</p> <p>Ampuma- ja harjoitusalueilla on toimintaa vain ajoittain. Melu on äkillistä, hyvin lyhytaikaista ja hetkellisesti voimakasta. Se on myös pienitaajuisia, minkä vuoksi ääni vaimenee edetessään tavanomaista ympäristömelua vähemmän. Melun voimakkuus altistuvissa kohteissa vaihtelee huomattavasti sääoloista riippuen.</p> <p>Ohjeessa esitetään menettelytavat raskaiden aseiden ja räjäytysten melun mallintamiseksi. Mallilaskennan tuloksena saadaan melutason kartta kaikkialla ampuma- ja harjoitusalueen ympärillä. Ohjeen mukaan mallinnus on meluselvityksen pääasiallinen ja yleensä yksinään riittävä menetelmä.</p> <p>Ohje kattaa kaikki melun arvioinnin ja selvitysten osa-alueet: käytettävät melutasosuureet, melun mallilaskennan, melupäästö- ja melutasomittaukset sekä melualueiden määrittämisen. Mallintamalla lasketaan meluvyöhykkeet, laskennan lähtöarvoja varten tarvitaan melulähteiden melupäästömittauksia, melutasomittaukset altistuvissa kohteissa voivat tarjota lisätietoja ja lopuksi mallinnetuista meluvyöhykkeistä muodostetaan melun ohjearvoa vastaava melualue.</p> <p>Ohje korvaa Puolustusvoimien aikaisemman suositusarvo-ohjeen.</p>			
Kustantaja	Ympäristöministeriö		
Julkaisun jakaja/myynti	Sähköinen versio: julkaisut.valtioneuvosto.fi Julkaisumyynti: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet		1.9.2018
Författare	Tapio Lahti, Timo Markula		
Publikationens titel	Bedömning av buller från tunga vapen och sprängningar		
Publikationsseriens namn och nummer	Miljöförvaltningens anvisningar 1/2018		
Diarie-/ projektnummer	VN/3430/2018	Tema	Byggd miljö
ISBN PDF	978-952-11-4801-9	ISSN PDF	1796-1653
URN-adress	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4801-9		
Sidantal	46	Språk	finska
Nyckelord	Buller, ljud, tunga vapen, sprängning, skjut- och övningsområden, bullermätning, bullermodellering		
Referat <p>Bullret från tunga vapen och sprängningar skiljer sig på många sätt från annat omgivningsbuller. Det buller som uppstår till följd av verksamheten vid skjut- och övningsområden har många särdrag som gör bullret mer störande.</p> <p>På skjut- och övningsområden bedrivs det endast tidvis verksamhet. Bullret är plötsligt, mycket kortvarigt och tillfälligt också kraftigt. Det är dessutom lågfrekvent, vilket innebär att ljudets utbredningsdämpning är mindre än dämpning av vanligt omgivningsbuller. I de områden som exponeras för buller varierar bullernivån betydligt beroende på väderförhållandena.</p> <p>I anvisningen föreslås olika tillvägagångssätt för modellering av buller från tunga vapen och sprängningar. Som ett resultat av modellberäkningen fås en karta över bullernivån kring skjut- och övningsområden. Enligt anvisningen är modellering i allmänhet en central och i sig tillräcklig metod för bullerutredningar.</p> <p>Anvisningen täcker alla delområden vid bedömning och utredning av buller: de bullernivåstorheter som används, modellering av buller, mätning av bulleremission och bullernivåer samt fastställande av bullerområden. Genom modellering beräknas bullerzoner, med tanke på utgångsvärdena i beräkningen måste bulleremissionen vid bullerkällorna mätas, i de områden som exponeras för buller kan bullernivåmätningar ge mer information och utifrån de modellerade bullerzonerna fastställs slutligen ett bullerområde som motsvarar riktvärdet för bullret.</p> <p>Anvisningen ersätter Försvarsmaktens tidigare anvisning om rekommenderade värden.</p>			
Förläggare	Miljöministeriet		
Distribution/ beställningar	Elektronisk version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Beställningar: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Description sheet

Published by	Ministry of the Environment		1.9.2018
Authors	Tapio Lahti, Timo Markula		
Title of publication	Noise assessment of heavy weapons and explosives		
Series and publication number	Environmental Administration Guidelines 1/2018		
Register number	VN/3430/2018	Subject	Built environment
ISBN PDF	978-952-11-4801-9	ISSN (PDF)	1796-1653
Website address (URN)	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4801-9		
Pages	46	Language	Finnish
Keywords	Noise, sound, heavy weapons, explosives, firing ranges, training areas, noise measurements, noise modelling		
Abstract <p>The noise produced by heavy weapons and explosions differs in many ways from other types of environmental noise. The noise from firing range and training area activities has several distinguishing characteristics, which increase the annoyance of the noise.</p> <p>Firing ranges and training areas have shooting activity only occasionally. The noise produced is sudden, very short in duration, and the noise level is momentarily high. The noise has also substantial low-frequency content, causing smaller propagation attenuation than in ordinary environmental noise. The noise level at the exposed locations varies considerably depending on weather conditions.</p> <p>This guide gives instructions for modelling the noise produced by heavy weapons and explosives. The result of model calculation is a noise level map of the areas surrounding firing ranges and training areas. According to the guide, modelling is the primary method and, in general, adequate as a sole method in noise surveys.</p> <p>The guide covers all the areas of noise assessment and surveys: the noise level quantities used, model calculations, noise emission and noise level measurements, and forming of noise zones. Modelling is used to calculate noise level contours, noise emission measurements are needed as input data for the calculation, immission measurements at exposed locations can provide additional information, and, finally, the noise zone corresponding to the guideline value is formed from the predicted noise level contours.</p> <p>The guide replaces the previous recommended-value guide of the Finnish Defence Forces.</p>			
Publisher	Ministry of the Environment		
Distributed by/ publication sales	Online version: julkaisut.valtioneuvosto.fi Publication sales: julkaisutilaukset.valtioneuvosto.fi		

Sisältö

Esipuhe	9
1 Johdanto	11
1.1 Tausta	11
1.2 Soveltamisala	12
2 Määritelmät	13
3 Selvitysmenetelmät	17
3.1 Melua kuvaavat suureet	17
3.1.1 Kokonaisaltistus: koko vuoden meluarvotaso L_{Rden}	17
3.1.2 Enimmäismelu: C-äänialtistustaso L_{CE}	18
3.2 Mallilaskenta	18
3.2.1 Periaate	18
3.2.2 Käytettävä laskentamalli	19
3.3 Mittaaminen	19
3.4 Melutasojen käyttö	20
3.4.1 Vuositason ohjearvo	20
3.4.2 Enimmäismelun raja-arvo	20
3.5 Melutilanteen seuranta	21
4 Laskenta	22
4.1 Laskentamalli ja soveltaminen ampumamelulle	22
4.2 Mallintaminen	22
4.2.1 Maastomallin muodostaminen	22
4.2.2 Melulähteiden sijoitus	23
4.2.3 Lähtöarvot (melupäästö)	23
4.2.4 Rakenteet	23
4.2.5 Laskentaparametrit	24
4.2.6 Kasvillisuus	24
4.2.7 Lentoääni	24
4.2.8 Iskemä	25
5 Mittaukset	26
5.1 Melupäästön (emission) mittaukset	26
5.1.1 Järjestelyt	26
5.1.2 Mitattavat suureet ja käsittely	28
5.1.3 Analyysi: altistustasosta energiatasoksi	28
5.1.4 Ammuksen lentoääni eli yliaäänipamaus	29

5.2	Melutason (immission) tarkkailumittaukset.....	30
5.2.1	Järjestelyt.....	30
5.2.2	Sääolot	31
5.2.3	Taustamelu.....	34
5.2.4	Tulosten käsittely.....	34
6	Meluselvitys ja tulosten arviointi.....	36
6.1	Meluselvityksen laatiminen.....	36
6.2	Tarkasteltavat melutasot.....	36
6.2.1	Yksi melulähde, kokonaisaltistus.....	37
6.2.2	Yksi melulähde, enimmäismelu	38
6.2.3	Usean melulähteen yhdistetty melu.....	38
6.3	Raportointi.....	39
6.3.1	Perustiedot.....	39
6.3.2	Laskentaselvitys	39
6.3.2	Melutasomittaukset	40
6.4	Epävarmuus.....	41
6.4.1	Epävarmuuden määritelmät	41
6.4.2	Laskennan ja mittausten keskinäinen epävarmuus.....	41
7	Melualue	42
7.1	Meluvyöhyke ja melualue	42
7.2	Melualueen muodostaminen.....	43
8	Tiedottaminen ja vuorovaikutus.....	44
Lähteet	46

ESIPUHE

Ympäristöministeriö antaa seuraavan ohjeen raskaiden aseiden ja räjäytysten melun arvioinnista. Ohje tulee voimaan 1.9.2018 ja on voimassa toistaiseksi. Ympäristönsuojelulaissa säädetään ääniympäristön laadusta. Sitä koskevaa vaatimusta on tarkennettu valtioneuvoston asetuksella raskaiden aseiden ja räjäytysten melutasoista (903/2017).

Ampuma- ja harjoitusalueiden lähialueiden ääniympäristöön vaikuttavat raskaiden aseiden ja räjäytysten melupäästöt sekä niiden etenemiseen vaikuttavat tekijät. Altistuvissa kohteissa melu vaikuttaa haitallisesti väestötason terveyteen, asumisen laatuun, maankäyttöön ja rakentamiseen sekä asuinympäristön arvoon tai arvostukseen. Ympäristön haittoja voidaan rajoittaa pienentämällä melulähteiden päästöjä, sekä sijoittamalla melua tuottavat ja niille herkäät toiminnot mahdollisimman etäälle toisistaan.

Tässä ohjeessa käsitellään raskaiden aseiden ja räjäytysten melua. Ohjeen tarkoituksena on selkeyttää ja edesauttaa ääniympäristön vaatimustenmukaisuuden toteutumista. Ohjeessa opastetaan niistä suunnitteluun ja todentamiseen liittyvistä menettelytavoista, joiden avulla säädetyt vähimmäisvaatimukset voidaan saavuttaa.

Ohje on tarkoitettu toiminnanharjoittajan, alueidenkäytön suunnittelijoiden ja lupaviranomaisten tarpeisiin. Ohjeen ovat laatineet TkT Tapio Lahti TL Akustiikasta ja DI Timo Markula Akukon Oy:stä. Työtä ovat valvoneet Asko Parri, Panu Kekoni ja Ville Rosenlund Puolustusvoimista, Matias Warsta puolustusministeriöstä ja Ari Saarinen ympäristöministeriöstä.

Ylijohtaja

Ympäristöneuvos

Helena Säteri

Ari Saarinen

1 Johdanto

1.1 Tausta

Raskaiden aseiden ampuma- ja harjoitusalueiden sekä räjäytysten aiheuttamaa ympäristömelua on arvioitu Puolustusvoimien suositusarvo-ohjeen^[1] perusteella. Siinä määriteltiin melutasoille suositusarvot, ja se sisälsi lisäksi ohjeet ampuma- ja harjoitusalueiden ympäristön melutason ja aseiden melupäästön mittaamiseksi sekä maininnan meluselvityksen tekemisestä laskemalla.

Valtioneuvosto antoi raskaiden aseiden ja räjäytysten melutasoja koskevan asetuksen (jäljempänä RAME-asetus) joulukuussa 2017 ja se tuli voimaan 1.1.2018^[2]. Asetuksen soveltamisen helpottamiseksi Puolustusvoimien suositusarvo-ohje nähtiin tarpeelliseksi päivittää ja täydentää varsinaiseksi melun arviointiohjeeksi. RAME-asetusta valmisteleva työryhmä^[3] päätti arviointiohjeen pohjaksi tehtävästä taustaselvityksestä, jonka Puolustusvoimat teetti vuonna 2016^[4]. Se sisälsi myös ohjelunonoksen, johon tämä ohje perustuu.

Tärkeimpänä täydennyksenä Puolustusvoimien suositusarvo-ohjeeseen tämä ohje sisältää yksityiskohtaisen menettelyn melun mallilaskentaan. Lähtökohtana on, että mallinnus on ensisijainen ja yksinäänkin riittävä raskaiden aseiden ja räjäytysten melun arviointi- ja selvitysmenetelmä. Mallilaskennan tulosta voidaan siten suoraan verrata melun ohjearvoihin ja toimenpideraja-arvoihin.

Tämän ohjeen taustaselvityksen^[4] osassa 1 (yleistarkastelu) esitettiin taustatiedot ja perustelut mallinnuksen ja muiden tässä arviointiohjeessa esitettävien menettelyiden pohjaksi. Taustaselvityksessä esitettiin laaja tietomäärä ja analyysi ampuma- ja harjoitusalueiden melun laskenta- ja mittaustuloksista sekä niiden keskinäisestä suhteesta. Ne antavat vanhan tuen mallilaskennan ensisijaisuudelle melun arviointi- ja selvitysmenetelmänä.

Lopuksi tässä arviointiohjeessa käsitellään ampuma- ja harjoitusalueiden meluselvitysten laatimista sekä ampuma- ja harjoitusalueiden lähialueiden asukkaiden tiedottamiseen ja vuorovaikutukseen liittyviä menettelyjä. Meluselvityksissä käytettävä menetelmä on malli-

laskenta. Ampuma- ja harjoitusalueita, joilla käytetään raskaita aseita tai räjähteitä, on tällä hetkellä 29.

Altistuvien kohteiden melutason mittauksia saatetaan tehdä meluselvitysten täydentävänä osana tai niitä saatetaan edellyttää tehtäväksi selvitysten jälkeisen seurannan ja tarkkailun keinona. Melutasomittausten tulosten vaihteluväli ja epävarmuus ovat kuitenkin erittäin suuria ja yksittäisten mittaustulosten luotettavuus ja merkitys ovat siksi varsin vähäisiä^[4].

1.2 Soveltamisala

Tämä arviointiohje on laadittu raskaiden aseiden (kaliiperi ≥ 20 mm) ampuma- ja harjoitusalueiden meluselvitysten laatimista varten. Ohjeet kattavat aseiden suupamauksen, ammusten lentoäänen, niiden iskemien sekä räjähteiden (≥ 200 g) melun mallilaskennan, melupäästöjen määrityksen ja melutasojen tarkkailu- ja seurantamittaukset.

RAME-asetuksen^[2] soveltamisalan mukaisesti tätä ohjetta voidaan käyttää alueidenkäytön suunnittelussa, Puolustusvoimien, Rajavartiolaitoksen ja puolustusvälineteollisuuden toiminnassa sekä ympäristönsuojelulain mukaisessa lupamenettelyssä ja valvonnassa.

Melua arvioidaan kokonaisaltistuksen ohjearvon ja enimmäismelun toimenpideraja-arvon avulla. Kokonaisaltistuksen ja enimmäismelun arviointiin käytetään kahta melutasosuuretta: edelliselle pitkän ajan eli koko vuoden vuorokausiarviotasoa L_{Rden} ja jälkimmäiselle C-äänialtistustasoa L_{CE} .

Meluselvitysten mallilaskennan tärkein osatekijä on riittävät ja hyvälaatuiset aseiden melupäästötiedot. Aseiden melupäästöjä voidaan mitata tämän ohjeen emissiomittaustelmällä. Puolustusvoimien melun suhteen tärkeimpien raskaiden aseiden melupäästöt on määritetty erityisesti järjestetyin melupäästömittauksin. Useimmille muille raskaille aseille on saatu kelvolliset melupäästötiedot meluselvitysten yhteydessä kenttäolosuhteissa tehdyillä päästömittauksilla.

2 Määritelmät

Tässä arviointiohjeessa käytetään useita eri äänitasosuureita ja muita meluakustiikan käsitteitä, joista osa on tavallisia, yleisessä käytössä olevia ja osa erityisesti ampuma-aseiden yhteydessä käytettäviä. Kaikki käytetyt äänitasosuureet on määritelty kansainvälisissä ISO- ja IEC-standardeissa.

Äänitaso

Äänitaso on määritellyllä taajuuspainotuksella suodatettu äänipainesignaalin (äänenpainesignaalin) tehollisarvo, joka esitetään logaritmin avulla tasosuureena. Tehollisarvo voidaan aikaintegroida suoraan yli määrätyn kokonaisajan, jolloin äänitaso on yksi luku (äänialtistustaso tai keskiäänitaso eli ekvivalenttitaso).

A-äänitaso on suodatettu A-taajuuspainotusta ja C-äänitaso C-taajuuspainotusta käyttäen. A- ja C-äänitasojen yksikkö on desibeli (dB).

Melutaso

Melutaso on äänitason yleiskielinen synonyymi.

Äänialtistustaso

Äänialtistus on äänipaineen (äänenpaineen) neliön aikaintegraali eli kertyvä annos yli ilmoitetun aikavälin tai aikarajoitetun äänitapahtuman. A- ja C-taajuuspainotetut äänialtistukset määritellään

$$E_A = \int_T p_A^2(t) dt \qquad E_C = \int_T p_C^2(t) dt$$

missä $p_A(t)$ on A-painotettu äänipaine, $p_C(t)$ on C-painotettu äänipaine ja T integrointiaika. Äänialtistuksen yksikkö on pascal toiseen kertaa sekunti (Pa^2s). Integrointiaika kattaa koko aikarajoitetun äänitapahtuman. Aikaa ei tarvitse erikseen ilmoittaa; se valitaan siten, että se on riittävän, mutta ei tarpeettoman pitkä.

A-äänialtistustaso on A-äänialtistus ja C-äänialtistustaso on C-äänialtistus esitettyinä logaritmin avulla tasosuureina

$$L_{AE} = 10 \lg \left(\frac{E_A}{E_0} \right) \quad L_{CE} = 10 \lg \left(\frac{E_C}{E_0} \right)$$

missä E_0 on referenssialtistus $(20 \mu\text{Pa})^2 \times (1 \text{ s}) = 4 \times 10^{-10} \text{ Pa}^2\text{s}$. A- ja C-äänialtistustasojen yksikkö on desibeli (dB). Äänialtistustaso määritellään standardissa SFS-ISO 1996-1^[5].

Taajuuspainottamattomalle äänialtistustasolle L_E voidaan määrittää spektri $L_E(f)$ taajuuden f funktiona taajuuskaistoittain, esimerkiksi oktaavi- tai terssikaistoittain.

Äänienergiataso

Äänienergiataso on melulähteen säteilemä lyhytaikainen, aikarajoitettu melupäästö eli äänienergia J , esitettyinä logaritmin avulla tasosuureena

$$L_J = 10 \lg \left(\frac{J}{J_0} \right)$$

missä J_0 on referenssienergia 10^{-12} J eli 1 pJ (pikojoule). Äänienergiatason yksikkö on desibeli (dB). Äänienergiataso määritellään standardissa SFS-EN-ISO 3744^[6].

Äänienergiatasoon voidaan liittää A- tai C-taajuuspainotus, jolloin kyseessä ovat A- tai C-äänienergiataso L_{JA} tai L_{JC} . Taajuuspainottamattomalle äänienergiatasolle L_J voidaan määrittää spektri $L_J(f)$ taajuuden f funktiona taajuuskaistoittain, esimerkiksi oktaavi- tai terssikaistoittain.

Joissakin standardeissa äänienergiatasolle L_J käytetään tunnusta L_Q .

A-keskiäänitaso

Keskiäänitaso eli ekvivalentti äänitaso on logaritmin avulla esitetty tasosuure äänipaineen neliön aikaintegraalin aikakeskiarvosta yli ilmoitetun aikavälin. A-keskiäänitaso on A-taajuuspainotettu keskiäänitaso. Käytännössä keskiäänitaso sisältää aina A-taajuuspainotuksen ilman eri ilmoitusta; poikkeama tästä tulee ilmoittaa.

Aikaintegraali on sama kuin äänialtistuksen määritelmässä. Keskiäänitaso määritellään

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} E_A \frac{1}{p_0^2} \right)$$

missä referenssiäänipaine p_0 on 20 μPa ja sen neliö p_0^2 on $(20 \mu\text{Pa})^2 = 4 \times 10^{-10} \text{ Pa}^2$. Keskiäänitason yksikkö on desibeli (dB). Keskiäänitaso määritellään standardeissa SFS-ISO 1996-1^[5] ja IEC 61672-1^[7].

Keskiäänitaso saadaan A-äänialtistustasosta yhden integrointijakson tai aikarajoitetun melutapahtuman tapauksessa yhtälöllä

$$L_{\text{Aeq}} = L_{\text{AE}} - 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

missä T on ilmoitettu aikaväli, kuten päiväaika (klo 7–19) = 43 200 s, tai esimerkiksi koko vuoden arkipäivien yhteenlaskettu päiväaika $260 \times 43\,200 = 1,1232 \times 10^7$ s. Referenssiaika T_0 on 1 s.

Pitkän ajan vuorokausimelutaso

Ympäristömeludirektiivin^[8] melukartoitusten arviointisuurena on koko vuoden vuorokausimelutaso (ns. päivä–ilta–yömelutaso) L_{den} , joka perustuu A-keskiäänitasoon L_{Aeq} . Vuorokausimelutaso määritellään yleisesti kaikille ympäristömelun lajeille standardissa SFS-ISO 1996-1^[5]:

$$L_{\text{den}} = 10 \lg \frac{1}{24} \left[T_d \cdot 10^{L_d/10} + T_e \cdot 10^{(L_e+K_e)/10} + T_n \cdot 10^{(L_n+K_n)/10} \right]$$

missä L_d , L_e ja L_n ovat päivän, illan ja yön A-keskiäänitasot L_{Aeq} . T_d , T_e ja T_n ovat päivä-, ilta- ja yöajan kestot tunteina. K_e ja K_n ovat ilta- ja yöajan korjaukset (tavallisesti +5 ja +10 dB). Päiväajan korjaus K_d on jätetty yhtälöstä pois, koska se on 0 dB. Suomessa päiväaika on klo 7–19, ilta 19–22 ja yö 22–7.

Meluarviotaso

Meluarviotaso (engl. *rating level*) on keskiäänitaso, johon on lisätty melun laatua luonnehtivia korjauksia. Meluarviotaso määritellään standardissa SFS-ISO 1996-1^[5].

Ampumamelulla ensisijainen korjaus on impulssikorjaus K_I . Muita korjauksia voivat olla esimerkiksi vuorokaudenaikaa tai viikonpäivää koskevat korjaukset. Impulssikorjattu meluarviotaso on

$$L_{\text{Req}} = L_{\text{Aeq}} + K_I$$

Standardin ISO 1996-1 uudessa, vuoden 2016 versiossa meluarviotason käsitettä on laajennettu aikaisemmasta. Myös (koko vuoden) vuorokausimelutaso L_{den} nimetään vuoro-

kausiarviotasoksi L_{Rden} (*composite whole-day rating level, day-evening-night rating level*) sillä perusteella, että sekin jo sisältää korjauksia keskiäänitasoon.

Vuorokausiarviotasosta eli koko vuoden meluarviotasosta voidaan käyttää myös lyhyttä nimitystä *vuosimelutaso* tai *vuositaso*, jos asiayhteydestä käy yksiselitteisesti ilmi, että kyse on yllä kuvatusta tasosuureesta.

3 Selvitysmenetelmät

3.1 Melua kuvaavat suureet

3.1.1 Kokonaisaltistus: koko vuoden meluarviotaso L_{Rden}

Raskaiden aseiden melun vaikutustutkimuksissa on suositeltu, että melua arvioidaan ensisijaisesti käyttäen A-keskiäänitasoa L_{Aeq} tai A-äänialtistustasoa L_{AE} ^[9, 10]. Kun käytetään keskiäänitason luonteisia suureita, laskettava tai mitattava raakasuure on yhden (keskimääräisen) suupamauksen tai muun melutapahtuman A-äänialtistustaso L_{AE} .

Mallilaskenta tuottaa suoraan yksittäisen melutapahtuman äänialtistustason. Keskimääräisen melutapahtuman käsitettä tarvitaan mittauksen yhteydessä. Kun mitataan, keskimääräisen melutapahtuman äänialtistustaso määritetään yksittäisten tapahtumien mitattujen äänialtistustasojen energiakeskiarvona

$$L_{AE} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{AEi}/10)} \right]$$

missä L_{AEi} on i :nnen tapahtuman altistustaso ja N on tapahtumien lukumäärä.

Äänialtistustasosta muodostetaan A-keskiäänitaso L_{Aeq} , ottamalla huomioon tarkasteltavalla aikavälillä T esiintyvien (keskimääräisten) melutapahtumien lukumäärä N

$$L_{Aeq} = L_{AE} + 10 \lg N - 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

Ampumamelun tiedetään olevan häiritsevämpää kuin muut tavalliset ympäristömelun lajit, joiden keskiäänitaso on yhtä suuri kuin ampumamelun. Tämän eron oikaisemiseksi ampumamelun keskiäänitasoihin liitetään erityinen impulssikorjaus K_1 . RAME-asetuksessa ja tässä arviointiohjeessa sen lukuarvona käytetään

$$K_1 = +15 \text{ dB}$$

Keskiäänitasoon voidaan myös liittää vuorokaudenaikaa tai viikonpäivää koskevia painoituksia. RAME-asetuksessa ja tässä ohjeessa käytetään ilta-ajan (klo 19–22) korjausta +5 dB ja viikonloppuun liittyvää lisäkorjausta +5 dB.

Yöaikaista toimintaa esiintyy ampuma- ja harjoitusalueilla vain poikkeustapauksissa. Jos yöaikaista ampumista esiintyy, sille käytetään yöajan (klo 22–7) korjausta +10 dB.

Vuorokaudenaikojen ja viikonlopun korjaukset merkitsevät sitä, että kyseessä ei enää ole pelkkä keskiäänitaso, vaan meluarviotason ja tarkemmin vuorokausiarviotason L_{Rden} muunnelmä. Laskennalliseksi aikaväliksi T valitaan nimellisesti koko vuosi ja täsmällisesti koko vuoden arkipäivien päiväaikojen yhteenlaskettu kesto. Kyseessä on koko vuoden meluarviotaso L_{Rden} eli lyhyesti vuositaso.

3.1.2 Enimmäismelu: C-äänialtistustaso L_{CE}

RAME-asetuksessa ja tässä arviointiohjeessa raskaiden aseiden ammuntojen enimmäismelun kuvaamiseen käytetään yhden melutapahtuman C-äänialtistustasoa L_{CE} . Melutapahtumaksi valitaan se, joka tuottaa altistuvassa kohteessa suurimman C-äänialtistustason.

C-äänialtistustaso sopii yllä esiteltyjä A-keskiäänitasoja paremmin yksittäisten, hyvin voimakkaiden melutapahtumien häiritsevyyden arviointiin, erityisesti siinä tapauksessa, että niiden tuottama ääni saattaa herättää altistuvassa kohteessa myös räminää tai tärinää. Näiden ilmiöiden esiintymisen aiheuttaa melun spektrin pienitaajuisin osuus, ja niiden ilmaisuun C-taajuuspainotus sopii paremmin kuin A-taajuuspainotus. Tällä perusteella C-äänialtistustaso soveltuu erityisen hyvin voimakkaimpien räjäytysten ja tykkien suurimpien lähtöpanosten suupamausten enimmäismelun arviointiin.

3.2 Mallilaskenta

3.2.1 Periaate

Melulaskentamallilla tehtävän mallilaskennan eli mallinnuksen tarkoituksena on tuottaa suoraan pitkän ajan melutilannetta edustava tulos, joka vastaa mahdollisimman hyvin sellaisten pitkän ajan kuluessa tehtyjen hyvin monien eri melumittausten kokonaistulosta, jotka tehdään määritellyissä sää- ja muissa mittaolosuhteissa. Mallilaskennalla ei siis pyritä jäljittelemään tai toistamaan erillisiä yksittäisiä mittaustuloksia, joita saataisiin erilaisissa olosuhteissa.

Mallilaskennalla tehtävä selvitys on tarvittavalta työmäärältään ja kustannuksiltaan yleensä huomattavasti edullisempi kuin asianmukaisesti, ohjeita noudattaen tehtävät sekä laajuudeltaan ja kestoaltaan riittävät melutason mittaukset.

3.2.2 Käytettävä laskentamalli

Raskaiden aseiden ja räjähteiden melu lasketaan käyttäen pohjoismaista yleistä laskentamallia (Kragh ym., DAL 32^[11]), täydennettynä eräin alempana kuvattavin sovellusohjein.

Pohjoismainen malli on muodostettu siten, että sen tuottama laskentatulostulos vastaa äänen etenemistä suosivia sääolosuhteita eli käytännössä lähinnä heikkoa-kohtalaista myötätuulta. Mallissa siis *tuulee myötäisesti kaikkiin suuntiin*, aina jokaisesta melulähteestä jokaiseen laskentapisteeseen.

Kohtalaisen suotuisilla sääoloilla on suuri periaatteellinen merkitys. Ne merkitsevät samalla sitä, että laskentatulokset vastaavat mittaustuloksia, jotka saataisiin tekemällä hyvin pitkäaikainen mittaus vastaavissa, äänen etenemiselle suotuisissa olosuhteissa ja laske-malla yksittäisten laukausten mittaustulosten pitkäaikainen energiakeskiarvo.

3.3 Mittaaminen

Melumittausten tarkoituksena on antaa vastaus kysymykseen, ylittääkö melulle altistuvassa kohteessa esiintyvä melutaso sille asetetun ohje- tai toimenpideraja-arvon.

Ampumamelun äänialtistustasot mitataan aina usean melutapahtuman keskiarvona. Perusteena on, että altistuvien kohteiden etäisyyksillä yksittäisten tapahtumien äänitaso voi vaihdella tuntuvasti, lähinnä hetkellisten sääolojen vaihtelujen seurauksena (mm. tuulen suunnan ja nopeuden vaihtelut, kuten puuskaisuus).

Mittaustulokset edustavat vain itseään eli juuri mittauspäivänä ja mittaushetkellä esiintyneitä tilannetta ja olosuhteita. Melutaso voi vaihdella paljon paitsi mittauspäivän myös yhden mittausjakson aikana. Kaksi perättäistä melutapahtumaa voivat erota toisistaan yli kymmenenkin desibeliä. Pienimpien ja suurimpien mitattujen melutasojen ero voi eri sääolosuhteissa olla 20–30 dB. Eri päivinä hyväksyttävissä sääoloissa tehtyjen mittausten päiväkohtaisten kokonaistulosten vaihteluväli voi sekin olla 10–20 dB.

Yksittäisen, yhtenä päivänä tehdyn mittausjakson edustavuus on varsin vaatimaton, vaikka sääolot mittausten aikana täyttäisivätkin mittausohjeiden suositukset. Vain pitkän mittaus-

sarjan tilastollisen tuloksen voidaan katsoa edustavan jollakin luotettavuudella pidempää ajanjaksoa.

Mittaustulosten suuresta sattumanvaraisuudesta johtuen mittauksia ei voi pitää ensisijaisena tapana arvioida ampuma- ja harjoitusalueiden melua. Mittauksin ei voi ”tarkentaa” mallilaskennan ”suuntaa-antavia” tuloksia. Sen sijaan hyvin monina päivinä tehtyjen mittausten päiväkohtaisista tuloksista laskettu energiakeskiarvo lähestyy laskentamallilla saatavaa tulosta.

3.4 Melutasojen käyttö

RAME-asetuksen perustelumuiotiossa^[12] kuvataan tarkemmin asetuksessa käytettäviksi määrättyjen melutasosuureiden soveltamistilanteita.

3.4.1 Vuositason ohjearvo

Koko vuoden meluarviotaso eli vuosimelutaso L_{Rden} ja sen ohjearvot on tarkoitettu sovellettaviksi ensisijaisesti alueidenkäytön suunnittelussa, kun tarkastellaan ampuma- ja harjoitusalueiden meluvyöhykkeistä muodostettua melualueita ja arvioidaan tämän alueen ja melulle mahdollisesti altistuvien kohteiden keskinäistä sijaintia. Määritetty melualue voidaan merkitä kaavaan ja sitä voidaan täydentää kaava- ja suunnittelumääräyksillä.

Ohjearvoon verrattavan vuositason määrittäminen edellyttää käytännössä aina mallilaskennalla tehtyä meluselvitystä.

3.4.2 Enimmäismelun raja-arvo

Enimmäismelun C-äänialtistustasolle L_{CE} asetettua toimenpideraja-arvoa käytetään yksittäisten melutapahtumien häiritsevyyden arviointiin. Toimenpiderajoja sovelletaan sekä toiminnan suunnittelussa, että ympäristölupamenettelyssä.

Toimenpideraja-arvoa sovelletaan toimintavaiheen jatkoselvitystarpeen kynnysarvona. Käytännössä kynnysarvon ylittyminen pitää kuitenkin ensin selvittää. Vasta meluselvityksen jälkeen tiedetään, ylittyykö kynnysarvo.

Toimenpideraja ei tarkoita ehdotonta arvoa, joka ei saisi ylittyä. Toimenpideraja-arvon ylittyminen edellyttää jatkoselvitystä muun muassa ohje- ja toimenpideraja-arvot ylittävälle melulle altistuvien määrästä ja melun haittavaikutusten vähentämismahdollisuuksista.

Toimenpiderajaan verrattava C-äänialtistustaso voi periaatteessa olla mallintamalla laskettu tai mittauksin määritetty taso. Mittausten suuren epävarmuuden takia pelkän mittauksen perusteella ei kuitenkaan ole syytä ryhtyä toimenpiteisiin, vaan mittaustulos tulee aina ensin varmistaa päivittämällä mallilaskenta.

Toimenpideraja-arvon ylittyessä toiminnanharjoittajan tulee selvittää mahdollisuudet vähentää melua ja sen häiritsevyyttä laatimalla viipymättä melunhallintasuunnitelma. Siinä arvioidaan ne toiminnalliset ja tekniset toimenpiteet, joilla voidaan vaikuttaa melulle altistumiseen.

3.5 Melutilanteen seuranta

Ympäristöluvista voidaan antaa määräyksiä myös seurannan tai tarkkailun järjestämisestä, ampuma-alueiden meluselvityksissä todetun melutilanteen kehittymistä ja ympäristöluvista määrättyjen melurajojen noudattamista varten. Usein seuranta tai tarkkailu on määrätty toteutettavaksi altistuvissa kohteissa tehtävin mittauksin.

Jos ampuma-alueella ei mallintamalla tehdyn selvityksen jälkeen ole tapahtunut olennaisia meluun vaikuttavia muutoksia, lisämittausten tekemiselle on tavallisesti hyvin vähän perusteita. Mittausten suhteellisen epäluotettavuuden takia lisätietoa ei käytännössä saada.

Seuranta on sen sijaan tarpeen silloin, jos olennaisia muutoksia on tapahtunut. Tällöin ensisijainen menettely toteuttaa seuranta on tehdä päivitys laskentaselvitykseen, jolloin tulos on suoraan vertailukelpoinen edellisiin laskentatuloksiin. Mittaustulosten vertailukelpoisuus on ratkaisevasti heikompi.

Enimmäismelun C-äänialtistustason osalta laukausmäärän muutos ei ole sellainen muutos, jota pitäisi seurata mallintamalla tai uusin mittauksin. A-keskiäänitason osalta ei laukausmäärän muutoksen vaikutusta myöskään tarvitse seurata mittauksin, koska meluvyöhykkeiden muutos skaalautuu suoraan laukausmäärän perusteella.

4 Laskenta

4.1 Laskentamalli ja soveltaminen ampumamelulle

Tämän arviointiohjeen mukaan raskaiden aseiden ampumamelu lasketaan käyttäen pohjoismaista yleistä ympäristömelun laskentamallia^[11]. Laskennan raakavaiheessa yhdelle suupamaukselle, iskemälle tai räjähdykselle lasketaan A- ja C-äänialtistustasot L_{AE} ja L_{CE} .

Yleinen malli laskee perusmuodossaan melun A-keskiäänitason L_{Aeq} lähtien melulähteen äänitehotasosta. Myös äänialtistustasot voidaan mallilla laskea seuraavasti: Lähtöarvoiksi vaihdetaan äänitehotasojen sijaan äänienergiatasot $L_j(f)$ oktaavikaistoittain ja tuloksena saadaan keskiäänitason sijasta äänialtistustaso.

Laskentaohjelmana käytetään ympäristömelun laskentaan tarkoitettuja yleisiä laskentaohjelmia, jotka sisältävät pohjoismaisen yleisen laskentamallin. Tällaisia laskentaohjelmia ovat mm. "Cadna/A" ja "SoundPlan".

4.2 Mallintaminen

4.2.1 Maastomallin muodostaminen

Laskemalla tehtävä meluselvitys käynnistyy maastomallin "rakentamisella". Laskettavan alueen maasto muodostetaan julkisesti saatavilla olevasta digitaalisesta peruskartta-aineistosta. Maastoelementeistä mukaan otetaan korkeuskäyrät vähintään 5 m ja mikäli saatavilla 2,5 m välein sekä vesialueiden rantaviivat korkeustietoineen.

Rakennusten sijainnit merkitään malliin ja niiden käyttötarkoitus selvitetään. Haja-asutusalueilla rakennuksia ei välttämättä tarvitse aktivoida varsinaisiksi maastomallin elementeiksi, mutta taajamissa aktivointi saattaa olla paikallaan.

Ampuma-alueen tuliasemamaaston osalta mallia suositellaan tarkennettavaksi Maanmittauslaitoksen avoimesti saatavilla olevan laserkeilausaineiston perusteella, mikäli maasto on vaihtelevaa. Tämä aineisto on yleensä akustiseen eli melulaskennan tarkoitukseen tarpeettomankin tarkka, joten aineiston esikäsittely on tarpeen. Jos käytetyssä laskentaohjelmassa on käyrien pehmennystoiminto, sen käyttö saattaa olla hyödyksi. Tässäkin korkeuskäyrät ovat suositeltava muoto. Riittävä korkeuskäyrien väli on 1 m. Mahdolliset tuliaseman vallit tulevat tässä samalla automaattisesti otetuiksi huomioon.

Maaston akustinen pehmeys asetetaan yleisesti pehmeäksi. Poikkeuksen muodostavat vesialueet, järvet tai meri, jotka ovat aina akustisesti kovia. Laskenta tehdään ”kesäolosuhteissa” eli talven lunta, jättä tai lunta jään päällä ei oteta huomioon. Peruskartassa avokallioiksi merkityjä alueita ei tavallisesti merkitä koviksi. Kalliot ovat pinnanmuodoiltaan satunnaisia eli ne eivät muodosta tasaisia ääntä täysin heijastavia peilimäisiä pintoja.

Lähes pystysuoria kallioseinämiä tai jyrkäniteitä ei erikseen aseteta heijastaviksi samaan tapaan kuin heijastavat melusteet liikennemelun mallinnuksessa, koska kallioseinämät eivät ole tasaisia sileitä akustisia peilejä. Niiden diffuusit osittaiset heijastukset tulevat otetuiksi huomioon automaattisesti äänialtistustason sisältämässä kaiuntainformaatiossa.

4.2.2 Melulähteiden sijoitus

Melulähde eli esimerkiksi aseiden putken suu sijoitetaan n. 0,1 m tarkkuudella todelliselle keskimääräiselle korkeudelle ampumakohdan alustasta.

Jos tuliasemassa on useampia kuin noin 2–3 asetusta, malliin asetetaan useita melulähteitä, eli aseita sijoitetaan koko aseman tms. leveydelle.

4.2.3 Lähtöarvot (melupäästö)

Mallintamisen lähtöarvoiksi tarvitaan luotettavat tiedot aseiden melupäästöstä eli äänienergiatasoista $L_p(f)$ oktaavikaistoittain eri vaakasuuntiin. Suhteellisen hyvälaatuisia ja riittäviä tietoja on käytettävissä useimmista Puolustusvoimien raskaista aseista. Melun laskentaselvityksen raportissa tulee mainita käytettyjen lähtöarvojen lähde.

4.2.4 Rakenteet

Raskaille aseille ei ole käytössä mitään melun päästöä vaimentavia tai leviämistä estäviä rakenteita.

Räjäytyksiä saatetaan joillakin alueilla tehdä erikseen valituissa paikoissa, joissa on räjähdyspainetta ja siten myös melun säteilyä suuntaavia rakenteita. Kyseessä voi lähinnä olla jonkinlainen räjäytyskuoppa tai bunkkeri.

Räjäytyskuopan tms. melun suuntaavuusvaikutusta ei tule mallintaa käyttäen meluesteitä. Suojarakenteen vaikutus voitaisiin periaatteessa sisällyttää räjäytyksen melupäästöön eli laskennan lähtöarvoon erityiseen melupäästömittaukseen perustuen.

4.2.5 Laskentaparametrit

Keskeisille numeerisille laskentaparametreille käytetään seuraavia arvoja:

- laskentapisteen korkeus: 2 m
- lämpötila: +10 °C
- suhteellinen kosteus: 70 %

Muita laskennassa käytettäviä valintoja voisivat periaatteessa olla rakennusten heijastukset ja varjostus. Ampumapaikkojen lähialueilla ei kuitenkaan ole rakennuksia. Altistuvien kohteiden etäisyydellä olevia rakennuksia ei tarvitse ottaa huomioon, sillä laskennassa pyritään määrittämään kohteiden piha-alueille ja rakennuksiin kohdistuva melutaso, joka ei sisällä lähiheijastusten osuutta.

4.2.6 Kasvillisuus

Kasvillisuusvaimennusta ei pääsääntöisesti käytetä laskennassa. Suomessa kasvillisuuden vaimennus ei yleensä ole kovin suuri, varsinkaan lehdeettömään aikaan vuodesta. Raskaiden aseiden ja räjähteiden melu on tyypillisesti spektriltään pienitaajuisia ja kasvillisuuden vaimennus pienillä taajuuksilla on vähäinen tai olematon.

Lisäksi on mahdollista, että olemassa oleva metsä voidaan hakata. Kasvillisuusvaimennusta voidaan poikkeustapauksissa käyttää laskennassa, jos kasvillisuus muodostuu sankasta ja paksusta kuusimetsästä, jonka voidaan lisäksi olettaa säilyvän.

4.2.7 Lentoääni

Yliääninopeudella lentävän ammuksen lentoäänien laskenta muodostaa erillisen, hankalan ongelman. Ilmiö on akustisesti poikkeuksellisen mutkikas, ja tavallinen ympäristömelun laskentamenettely ei sovi sen käsittelemiseen. Pohjoismainen pienikaliiperisten aseiden ampumaratamelun laskentamalli sisältää erikseen ohjeet lentoäänien laskemiseksi^[13], kohta 2.2]. Teoriassa nämä ohjeet sopivat myös raskaiden aseiden ammusten lentoäänien laskemiseen. Yleisesti saatavilla olevat tietokoneohjelmat eivät suoraan sisällä tätä osuutta.

Eräissä ohjelmissa voidaan laskentamenettely toteuttaa niiden sisältämällä lisätyökaluilla, tosin hyvin työläästi. Laskennalla saavutettava hyöty on vaatimaton, varsinkin suhteutettuna lentoäänien käytännössä vähäiseen merkitykseen.

Ampumaratamelun laskentamallissa lentoäänien lähtöarvo muodostetaan teoreettisen mallin perusteella. Lentoäänien melupäästö voidaan myös mitata laskentaa varten. Eräissä Puolustusvoimien ampumaradoilla tehdyissä lentoäänimittauksissa on havaittu, että pienikaliiperisilla ammuksilla ampumaratamallin lentoäänien teoreettinen ja mitattu lähtöarvo vastaavat kohtalaisen hyvin toisiaan.

Mallilaskenta jommallakummalla tavalla saatavasta lähtöarvosta eteenpäin on kuitenkin edelleen hankalaa. Niissä harvinaisissa tapauksissa, joissa lentoääntä ylipäänsä voidaan olettaa esiintyvän, suositeltava menettely lentoäänien ottamiseksi huomioon on seuraava: Lentoääntä ei sisällytetä tavalliseen tietokoneohjelmalla tehtävään mallilaskentaan, mikäli teoreettisesti laskettavassa lentoäänisektorissa ei ole melulle altistuvia kohteita, kuten asuinrakennuksia. Jos niitä on, lentoääni lasketaan pistekohtaisesti vain altistuviin kohteisiin käyttäen ampumaratamallin laskentamenettelyä esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmalla. Vaihtoehtoisesti lentoäänien sisältävä kokonaismelu voidaan määrittää vain mittauksin altistuvissa kohteissa.

Lentoääni on suupamauksen meluun verrattuna käytännössä esiintymiseltään harvainen ja merkitykseltään vähäinen. Lentoääntä esiintyy vain ampumasuuntaan nähden etuviistoissa suunnissa. Ampuma-alueilla tyypillisesti ammutaan alueen reunoilta keskelle päin, jolloin lentoääntä esiintyy vain itse ampuma-alueella. Puolustusvoimien ampuma-alueiden melun selvityksissä saatujen mittauskokemusten perusteella suupamaus määrää muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta yksinään melutason myös lentoäänisektorissa olevissa altistuvissa kohteissa.

4.2.8 Iskemä

Ammusten iskemät mallinnetaan samalla tavalla kuin suupamaukset. Iskemien melu on kuitenkin suupamausta hankalampi mallinnettava, sillä ne tuottavat eri tavalla ääntä riippuen siitä, räjähtävätkö ne ilmassa, puissa, maanpinnassa vai maassa. Iskemien mallinnuksessa epävarmuutta lisää puuttuva tieto iskemän korkeusaseman tarkasta sijainnista. Iskemien merkitystä ampuma-alueen meluselvityksessä vähentää se, että yleensä etäisyys maalialueista altistuviin kohteisiin on suurempi kuin etäisyys tulasemista.

Tärkeimpien raskaiden aseiden kranaattien iskemien melupäästö on mitattu erikoisjärjestelyn Räjähdekeskuksen Niinisalon koeampumalaitoksella vuonna 2017. Iskemien melupäästö on tykeillä suuruusluokaltaan sama ja kranaatinheittimillä suurempi kuin suupamausten.

5 Mittaukset

5.1 Melupäästön (emission) mittaukset

5.1.1 Järjestelyt

Soveltuvuus

Tämän mittausmenetelmän avulla voidaan määrittää melupäästö eli meluemissio raskaille aseille ja räjähteille. Menetelmä soveltuu suurikaliiperisille (≥ 20 mm) aseille sekä massaltaan noin 200 g – 10 kg räjähteille, mutta ei suoraan ammusten iskemille.

Mittausmaasto

Mittauspaikan maaston tulee olla avoin ja tasainen. Suositeltavinta on tehdä mittaus akustisesti kovalla alustalla (asfaltti). Käytännön rajoituksista johtuen myös muut kovahkot maanpinnat, kuten sora, ovat mahdollisia. Maanpinnan on suositeltavaa olla homogeeninen koko mittausalueella.

Mittausalueella ja sen lähistöllä ei saa olla heijastavia pintoja tai kappaleita niin lähellä, että ne voivat vaikuttaa mittauspisteisiin saapuvaan ääneen. Etäisyys mittauspisteeseen ja heijastavan pinnan välillä on oltava vähintään yhtä suuri kuin lähteen ja mittauspisteeseen välinen etäisyys.

Mittausetäisyys

Mittaukset tehdään periaatteessa ympyrän kehällä, jonka säde on mitattavasta aseesta riippuen noin 50–100 m. Käytännössä mittausetäisyys voi eri suunnissa olla erisuuri, jolloin mittauspisteiden muodostama mittauspolku ei ole puhdas ympyrä, vaan muodoltaan vääristynyt.

Vähimmäisetäisyys määräytyy lähteen voimakkuuden mukaan. Mittauspisteet sijoitetaan mahdollisimman lähelle lähdettä, mutta kuitenkin niin että huippuäänipainetaso L_{Zpeak} ei ylitä 154 dB (1 kPa). Mittausetäisyys tulee määrittää vähintään 5 % tarkkuudella.

Mittausetäisyyttä valittaessa voidaan alustavasti käyttää seuraavia arvioita eri aseille tai räjähteille (arvot pätevät etusuunnissa; muissa suunnissa etäisyydet voivat olla hieman pienempiä):

• kanuuna 155 K 4. panos	154 dB / 150 m
• kanuuna 155 K 1. panos	154 dB / 100 m
• sinko 95 S	152 dB / 100 m
• kranaatinheitin 120 KRH 6. panos	152 dB / 50 m
• it-kanuuna 23 ITK	146 dB / 30 m
• räjähdde 1 kg TNT	152 dB / 100 m
• räjähdde 200 g TNT	152 dB / 50 m

Lähteen sijoitus

Mitattavan aseiden putken suu tai räjähdde muodostaa mittauspolun tai -kehän keskipisteen eli origon.

Jos aseiden korotuskulma on säädettävissä, se valitaan ensisijaisesti keskimääräisen käyttötilanteen mukaan ja toissijaisesti melun leviämisen kannalta pahimmaksi mahdolliseksi. Tarpeen mukaan mittauksia voidaan tehdä usealla aseiden korotuskulmalla.

Mittauspisteiden sijainti

Mittauspisteet sijoitetaan mittauspolun kehälle aseiden ampumasuuntaan nähden *vähintään* suuntiin 0°, 45°, 90°, 135° ja 180°. Suositellaan, että mittauskehä käsittää molemmat puoliskot eli ±45°, ±90°, ±135°. Turvallisuussyistä ja ammuksen lentoäänien poistamisen vuoksi voi olla välttämätöntä poiketa edellä mainituista suunnista. Useimmilla räjähteillä suuntaavuutta ei ole ja niille riittää, että mitataan 2–3 suunnassa, esim. 0°, 90° ja 180°.

Mittauspisteiden väliset suunnat voidaan interpoloida aritmeettisinä keskiarvoina esimerkiksi mallilaskentaa varten.

Mittauspisteen korkeus

Mikrofonit asetetaan jalustalle vähintään 4 m korkeudelle maasta.

Mittauslaitteisto

Käytetyn laitteiston tulee täyttää standardin IEC 61672-1^[7] tarkkuusluokan 1 vaatimukset ja sillä pitää pystyä mittaamaan vähintään huippuäänipainetaso L_{Zpeak} 154 dB. Äänipaine-

signaalit tallennetaan digitaalisiksi WAV-tiedostoiksi myöhemmää analyysiä varten. Tallennusmuotona on vähintään 16 bittiä ja 48 kHz.

Mittausjärjestelmän kalibrointi tehdään sekä ennen mittauksia että niiden jälkeen.

Sää

Sään on suositeltavaa olla kohtalaisen stabiili koko mittausten ajan: pouta, lämpötila vähintään -10 °C (mielellään yli 0 °C) ja tuulen nopeus enintään noin 5 m/s mikrofonin korkeudella. On edullista, jos tuuli on suunnaltaan sivutuulta ampumasuuntaan nähden.

5.1.2 Mitattavat suureet ja käsittely

Mittaukset tehdään vähintään viidelle laukaukselle tai räjäytykselle. Ennen analyysiä mitaussignaaleista poistetaan mahdolliset iskemä-äänet ja yliaänipamaukset ikkunoimalla. Muokatun mitaussignaalin keston tulee olla kuitenkin vähintään noin 200 ms , jotta tulokset pienillä taajuuksilla ($>10\text{ Hz}$) ovat riittävän luotettavia. Analyysivaiheessa voi olla tarpeen tehdä signaalista pidempi pienitaajuisen melun suodatuksen oikeellisuuden varmistamiseksi.

Mittaussignaaleista määritetään painottamattomat huippuäänitasot L_{Zpeak} sekä painottamattomat äänialtistustasot L_{ZE} terssikaistoilla $12,5\text{ Hz} \dots 10\text{ kHz}$. Lopullinen tulos muodostetaan eri laukausten äänialtistustasojen energiakeskiarvoina.

5.1.3 Analyysi: altistustasosta energiatasoksi

Äänienergiataso määritetään äänialtistustasojen mittaustuloksista poistamalla niistä maaheijastuksen vaikutus ja muuntamalla näin saatava vapaan äänikentän altistustaso L_E energiatasoksi L_J ottamalla huomioon geometria eli näennäisen mittauspinnan ala. Maa- vaimennuksen kompensointi voidaan tehdä yhtä hyvin altistuksen energiaksi muuttamisen jälkeenkin.

Äänialtistustasojen muutos äänienergiatasoiksi tehdään käyttäen sellaisen näennäisen pallonmuotoisen mittauspinnan pinta-alaa, jonka säde on mittausetäisyys. Energiataso kuvaa lähteen koko äänienergiaa mittaussuunnasta tarkasteltuna. Jos mittauspoltu ei ole puhdas ympyrä, mittauspinta eli pallo on eri mittauspisteissä erisuuri.

Terssikaistoittain mitatut altistustasot L_E muunnetaan energiatasoksi L_J yhtälöllä

$$L_J = L_E + 10 \lg(4\pi r^2)$$

missä r on etäisyys [m] asean putken suun ja mittauspisteiden välillä.

Tämän jälkeen maaheijastuksen vaikutus poistetaan seuraavasti:

1. Otetaan **referenssispektri**, joka muodostuu kolmesta osasta:
 - a) nouseva suora, jonka kaltevuus on +3 dB/terssi;
 - b) Weber-spektriä mukaileva pyöreä osuus, joka yhdistää nousevan ja laskevan suoran;
 - c) laskeva suora, jonka kaltevuus on –1 dB/terssi.
2. **Sovitetaan** referenssispektri mittaustulokseen siten, että pyöreä huippu tulee taajuusmaksimin alueelle. Pyöreän osan leveys voi vaihdella välillä 3–6 terssiä. Leveys määritetään mittaustuloksesta arvioimalla.
Huom. kaikkein pienimmillä raskailla aseilla energiamaksimi saattaa olla osittain 1. maavaimennuskuopan kohdalla.
3. **Vähennetään** referenssispektristä 6 dB.
4. **Tarkistetaan**, että referenssispektri eroaa mittaustuloksesta keskimäärin pienten taajuuksien luiskalla 6 dB ja suurten taajuuksien luiskalla 0–3 dB.
5. Jos tarkistuksessa esiintyy merkittäviä eroja, ensisijaisesti säädetään pyöreän osan leveyttä. Toissijaisesti spektrin korkeusasemaa voi olla tarpeen nostaa, jotta kohdan 4 ehdot täyttyvät.

5.1.4 Ammuksen lentoääni eli ylääänipamaus

Mittausten yhteydessä voidaan haluttaessa määrittää myös yläääninopeudella lentävän ammuksen aiheuttaman mahdollisen ylääänipamauksen melua. Tällöin sijoitetaan yksi ylimääräinen mittauspiste etuviistoon, niin että se on ylääänipamauksen esiintymissektorissa ja aikaero suupamaukseen on riittävä. Ylääänipamaus voidaan analysoida vastaavasti kuin suupamaus ottaen huomioon poikkeava geometria.

Ylääänipamauksen keilan kulma Ψ ammuksen lentoradan normaaliin nähden voidaan laskea kaavalla

$$\Psi = \arcsin(c/v)$$

missä c on äänennopeus (n. 330 m/s) ja v ammuksen lentonopeus.

Esimerkiksi: $v = 400$ m/s, $\Psi = 58^\circ$; $v = 550$ m/s, $\Psi = 38^\circ$ ja $v = 700$ m/s, $\Psi = 29^\circ$.

5.2 Melutason (immission) tarkkailumittaukset

5.2.1 Järjestelyt

Mittauspaikat

Mittauspaikat valitaan melulle mahdollisesti altistuvien kohteiden läheisyydestä. Kohteita ovat mm. asuintalojen ja loma-asuintalojen pihapiirit (piha- ja oleskelualueet) sekä muut ulkotilojen kohteet, joissa pitkäaikainen melulle altistuminen voi olla mahdollista. Mittauspisteet valitaan seuraavasti:

- Jos mitataan rakennusten pihapiirissä, mittauspiste valitaan siten, että rakennukset eivät tuota pisteeseen heijastusta.
- Jos mitataan muualla kuin pihapiirissä, mittauspiste valitaan siten, että sen avoimuus ja korkeusasema ovat edustavia altistuvan kohteen pihapiirin kannalta.

Mittauksen tulee olla lähtökohtaisesti valvottu. Mittaajan tulee olla läsnä mittauspisteessä mittauksen aikana, jotta taustamelu eli mittaukseen kuulumattomat melutapahtumat voidaan poistaa tuloksista. Joissakin tapauksissa valvonta voidaan korvata järjestelyllä, jossa melu tallennetaan täydelliseksi äänisignaalksi niin, että sitä pystytään kuuntelemaan jälkeenpäin analyysivaiheessa.

Mittalaitteet

Mittaukset tehdään äänitasomittarilla, jossa on sekä A-äänialtistustason L_{AE} sekä C-äänialtistustason L_{CE} samanaikainen ilmaisu. Vaihtoehtoisesti mikrofonin äänipainesignaali tallennetaan ja äänitasosuureet määritetään jälkeenpäin. Mittarin tulee olla luokan 1 äänitasomittari. Jälkianalyysissä tallentamiseen käytettävien laitteiden ja äänitasosuureiden ilmaisun tuottavan ohjelman tulee täyttää standardin vaatimukset luokan 1 äänitasomittareille soveltuvien osien.

Mikrofonin korkeudeksi asetetaan noin 1,8–2,0 m maanpinnasta. Yleiseen ympäristömelun mittausohjeeseen verrattuna suurempi korkeus johtuu siitä, että mallilaskennassa korkeutena käytetään 2,0 m. Tavallisten mikrofonijalustojen ulottuma ei yleensä riitä täyteen kahden metriin. Ohjeen alarajan tuottama 0,2 m ero ei yleensä ole merkittävä, mutta yleisen ohjeen ero 0,5 m saattaa tuottaa selvästi pienemmän mittaustuloksen.

Mikrofoni varustetaan tuulisuojaalla. Mittalaitteisto kalibroidaan ennen ja jälkeen mittauksia äänitasokalibraattorilla. Kalibraattorin taso tulee tarkistaa säännöllisesti ja jäljitettävästi.

Mikäli mittaus sisältää tallennusvaiheen, äänipainesignaali tallennetaan joko tallentavalla äänitasomittarilla tai erillisellä digitaalisella PCM-tallentimella häviöttömäksi WAV-

tiedostoksi. Tallennuksen keskeiset asetukset ovat: näytteenottotaajuus: 48 kHz ja dynamiikka-alue vähintään 16 bittiä.

Ammunnat

Yhden asetyypin ja yhden tuliaseman mittauksissa tallennetaan vähintään 10 laukauksen melu. Mikäli mittauspäivänä alueella on käytössä useampi kuin yksi tuliasema tai lähtöpanos, suositellaan että jokaiselta tuliasemalta ja jokaisesta lähtöpanoksesta pyritään saamaan tallenteet vähintään 10:stä laukauksesta.

Mittauspäivät

Mittauksia pyritään tekemään suotuisissa sääoloissa ja, mikäli mahdollista, vähintään kolmena eri päivänä. Eri päivien mittaustuloksista lasketaan mittausten kokonaistulokset päiväkohtaisten mittaustulosten energiakeskiarvoina.

5.2.2 Sääolot

Melun leviämislle suotuisien sääolojen valinta on kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan tuulen suuntaa ja nopeutta. Toisessa vaiheessa sääoloja rajoitetaan tai laajennetaan lämpötilan pystygradientin perusteella. Taulukossa 1 esitetään yksinkertaistetut säännöt suotuisille sääoloille.

Taulukko 1. Suotuisat sääolot. Merkkien selitys: **O** olot suotuisat, **X** olot epäsuotuisat, **Z** määritettävä lisäksi lämpötilagradientti, suotuisuus riippuu gradientin arvosta.

tuulikomponentti	vuorokaudenaika* ja pilvisuus			
m/s	aamu/ilta 0/8...2/8	aamu/ilta 3/8...5/8	keskipäivä 0/8...5/8	koko päivä 6/8...8/8
> +5	X	X	X	X
+3...+5	O	O	O	O
+1...+3	O	O	Z	O
-1...+1	Z	X	X	X
< -1	X	X	X	X

* Vuorokaudenaika on tässä väljä, vuodenajasta riippuva käsite, joka kytkeytyy auringon nousuun ja laskuun sekä sen radan korkeuteen. Tulkinanvaraisissa tapauksissa on määritettävä lämpötilagradientti.

Sellaisten mittausten tuloksia, jotka tehdään epäsuotuisissa olosuhteissa, ei käytetä vertailuun ohjearvojen kanssa. Tällaisten mittausten tulokset voidaan kuitenkin tallentaa ja raportoida täydentävinä lisätietoina. Usein ei toiminnan harvinaisuuden vuoksi ole mahdollista mitata samaa toimintaa useana päivänä.

Tuuli

Tuulen arviointia varten mitataan tuulennopeusvektori (= suunta ja nopeus) ja määritetään äänen etenemissuunta aseesta mittauspisteeseen. Niiden perusteella määritetään tuulennopeusvektorin äänen etenemissuuntainen komponentti. Sen tulee olla välillä 1–5 m/s (keskinopeus). Lisäksi tuulennopeus yleensä saa olla enintään 6 m/s (keskinopeus) ja 8 m/s (puuskat).

Ehdot ≥ 1 m/s ja ≤ 6 m/s merkitsevät yhdessä sitä, että mittausolot ovat enimmillään suotuisat aina noin $\pm 80^\circ$ levyiseen sektoriin saakka myötätuuleen verrattuna, nykyisten ympäristömelun mittausohjeiden $\pm 45^\circ$ rajoituksen sijasta.

Tuulen nopeus ja suunta määritetään mittausta paikan läheisyydessä avoimella, melun etenemisen kannalta edustavalla paikalla, jossa rakennusten, puuston ja maastonmuotojen vaikutus tuuleen on mahdollisimman vähäinen. Tuulennopeuden määrittämis korkeus on vähintään 5 m ja mieluummin 10 m.

Lämpötilagradientit

Lämpötilagradientin tuottama rajoitus tai laajennus mittausolosuhteisiin on kaksiosainen riippuen siitä, onko käytettävissä gradientin varsinainen mittausta vai nojaututaanko epäsuoriin tietoihin mahdollisesta gradientista.

Lämpötilagradientin mittausta ei edellytetä, mutta se on suositeltavaa. Gradientti mitataan kahdella keskenään kalibroidulla lämpömittarilla, jotka sijoitetaan noin 0,5 m sekä vähintään 5 m ja mieluummin 10 m korkeudelle.

Gradientin esiintymistä koskevien epäsuorien tietojen yksinkertaistetut ehdot näkyvät taulukosta 1. Taulukko on pelkistys standardin SFS-ISO 1996-2 liitteen A kuvassa A.4 esitetyistä yksityiskohtaisemmista epäsuorista ohjeista gradientin tunnistamiseksi^[14].

Mikäli gradientin esiintymisestä ja arvosta ei ole varmuutta, melumittauksen olot tulkitaan epäsuotuisiksi. Jos luotettavaa mittaustietoa tai muuta arviota gradientista ei ole, gradientin esiintyminen tulkitaan seuraavasti:

- Jos negatiivisen lämpötilagradientin puuttuminen ei ole ilmeinen, tulkitaan että gradientti esiintyy. Mittausolot ovat epäsuotuisia.
- Jos positiivisen lämpötilagradientin eli inversion esiintyminen ei ole ilmeinen, tulkitaan että gradienttia ei ole. Mittausolot ovat epäsuotuisia.

Negatiivinen lämpötilagradientti

Vaikka tuulen nopeuden ja suunnan ehto tuottaisikin tulkinnaksi melumittauksille suotuisat olot, kokonaistulkinnaksi tulee kuitenkin epäsuotuisa, jos on ilmeistä, että vallitsee lämpötilan negatiivinen pystysuuntainen gradientti eli lämpötila pienenee maanpinnalta ylöspäin. Tällainen gradientti voi esiintyä päivällä, jos pilvisuus on vähäinen tai ohut eli jos auringonpaiste lämmittää maanpintaa. Tämä rajoitus on tärkein muutos aikaisempiin mitausohjeisiin.

Jos negatiivisen lämpötilagradientin esiintymisen arviointiin on käytettävissä mittaustulos, ehdot sille, että mittausolot ovat aurinkoisena päivänä suotuisat, ovat:

- tuulikomponentti +1...+3 m/s lämpögradientti $> -0,05$ °C/m
- tuulikomponentti +3...+5 m/s lämpögradientti $> -0,15$ °C/m

Positiivinen lämpötilagradientti

Edellä esitettyjen tuulen suuntaa ja nopeutta rajaavien ehtojen lisäksi mittausolot ovat suotuisat myös tyynellä säällä, jos esiintyy positiivinen lämpötilan pystysuuntainen gradientti, ns. inversio. Sen vallitessa lämpötila suurenee maanpinnalta ylöspäin. Inversio voi esiintyä aamulla, jos edeltävä yö on ollut ja aamu on (lähes) pilvetön ja tyyni, sekä myös illalla auringonlaskun lähestyessä, jos on (lähes) pilvetöntä ja tyynä. Sää määritellään tässä tyyneksi, jos tuulennopeusvektorin itseisarvo on alle 1 m/s.

Jos positiivisen lämpötilagradientin esiintymisen arviointiin on käytettävissä mittaustulos, karkea ehto sille, että mittausolot ovat suotuisat aamulla tai illalla lähes tyynellä säällä, on seuraava:

- tuulennopeus < 1 m/s lämpögradientti $> 0,10$ °C/m

Lämpötila ja suhteellinen kosteus

Näiden säätietojen suhteen ei ole tarpeen asettaa rajoituksia, niiden arvot vain liitetään mittauspöytäkirjaan lisätiedoiksi. Niitä ei tarvitse mitata ampumapaikalla; arvoina voidaan käyttää lähimmän sääaseman tietoja.

Lumipeite

Mittauksia ei tehdä, jos maa on lumen peitossa. Mittauksia voidaan kuitenkin tehdä pakka-sellakin, jos lunta ei ole.

5.2.3 Taustamelu

Taustamelu vaihtelee yleensä satunnaisesti mittausten aikana. Taustamelua tarkkaillaan kaikkien mitattavien melutapahtumien välisenä aikana. Taustamelun A-äänitason tulee olla vähintään 10 dB pienempi kuin mitattavien tapahtumien A-äänialtistustaso L_{AE} . Mittauspöytäkirjassa voidaan esittää myös tuloksia, jotka eivät täytä tätä taustameluehtoa. Esitetyt tulokset tulee varustaa huomautuksella, että ehto ei täyty, sekä maininnalla mittaustuloksen ja taustamelun tason erotuksesta.

Sopivia tapoja arvioida taustamelun A-äänitasoa suhteessa altistustasoon ovat seuraavat: Taustamelua tarkkaillaan joko S-aikapainotettuna liukuvana äänitasokäyränä tai 1 s välein määritettynä lyhytaikaisena ekvivalenttitasona $L_{Aeq}(1s)$ (S-painotuksen aikavakio on myös 1 s eli sen tehollinen integrointiaika on samaa suuruusluokkaa kuin tyypillisten laukausten äänien altistustasonkin). Taustameluehdon tulee täytyä sekä välittömästi laukausta ennen että sen jälkeen.

Jatkuva äänisignaalin tallennus mittausjakson aikana mahdollistaa taustamelun tason tarkastelun myös mittausten jälkeen, mikä helpottaa mahdollisesti tehtävää hylkäyspäätöstä.

Mittausten raakatulosten tai tallenteiden jälkikäsitellyssä taustamelun tai muun häiriön piilaamat melutapahtumat hylätään jatkokäsittelystä.

5.2.4 Tulosten käsittely

Mitattaessa kaikille hyväksytyille yksittäisille melutapahtumille i määritetään, mieluiten mittausten jälkikäsitteilyvaiheessa, kaksi äänitasoa:

- A-äänialtistustaso $L_{AE,i}$
- C-äänialtistustaso $L_{CE,i}$

Jokaiselle mittauspäivänä käytössä olevalle asetyypin, ampumatarvikkeen ja tuliaseman tai iskemäkohdan erilliselle yhdistelmälle muodostetaan erikseen näiden kahden äänialtistustason keskimääräiset arvot kyseessä olevassa mittauspisteessä.

Jokaiselle yhdistelmälle lasketaan mukaan otettavien yksittäisten melutapahtumien äänialtistustasojen mittauspäiväkohtaiset energiakeskiarvot yhtälöllä

$$L_{XE} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{XEi}/10)} \right]$$

Yhtälö pätee samanlaisena sekä A- että C-äänialtistustasolle, ja X:llä on merkitty painotusta A tai C. $L_{X,El}$ on i :nneen laukauksen A- tai C-äänialtistustaso ja N on hyväksyttävästi mitattujen tapahtumien lukumäärä. Nämä äänialtistustasojen energiakeskiarvot ovat kyseessä olevan mittauspäivän mittaustulokset, erikseen kaikille edellä mainituille yhdistelmille.

Eri mittauspäivien A- ja C-äänialtistustasojen mittaustuloksista lasketaan yhteistulokset päiväkohtaisten mittaustulosten energiakeskiarvoina. Yhteistulokset pyöristetään kokonaisluvuiksi.

C-äänialtistustason lopullinen mittaustulos muodostetaan yksinkertaisesti valitsemalla suurin arvo edellä kuvatulla tavalla muodostetuista eri yhdistelmien mittauspäivien yhteistuloksista. Sitä voidaan periaatteessa verrata RAME-asetuksen C-äänialtistustason toimenpideraja-arvoon, mutta samalla on kuitenkin tarpeen ottaa huomioon yksittäisen mittaustuloksen suuri vaihtelu ja sattumanvaraisuus.

A-äänialtistustason mittaustulos voidaan periaatteessa muuntaa koko vuoden meluarviotasoksi eli vuositasoksi RAME-asetuksen ohjearvoon vertaamista varten. Tällöin on kuitenkin oltava käytettävissä kyseistä ampuma- ja harjoitusaluetta koskeva mallilaskentaselvitys, joka sisältää tiedot koko vuoden kaikista ammunnoista.

Mallilaskennan lähtötietojen avulla voitaisiin periaatteessa muodostaa koko vuoden mitattu vuorokausiarviotasoksi eli vuositaso, joka perustuisi mittaustuloksiin mallinlaskennan lähtöarvojen eli melupäästötietojen sijasta. Yritys verrata mittausten perusteella määritettävää vuositasoa vuosiohjearvoon, olisi kuitenkin käytännössä ylivoimainen tehtävä. Mittauspäivinä, joita on väistämättä vain rajallinen määrä, tulisi saada kootuksi mittaustulokset, jotka kattaisivat koko vuoden aikana esiintyvät yhdistelmät aseista, ampumatarvikkeista sekä tuliasemista tai iskemäkohdista ja joihin voitaisiin liittää tiedot vastaavista laukausmääristä.

A-äänialtistustason mittaustuloksia voidaan haluttaessa verrata mallilaskennan piste-kohtaisiin raakatuloksiin, erikseen kaikille kyseisille yhdistelmille. Tällöin vuoden aikana esiintyviä laukausmääriä ei tarvitse ottaa huomioon. Tällaisen vertailun voitaisiin periaatteessa tulkita muodostavan mallilaskennan tarkistusmittauksen. Käytännössä se kuitenkin pikemminkin olisi vain yksittäinen näyte kyseisinä mittauspäivinä esiintyneiden sääolojen vaikutuksesta.

6 Meluselvitys ja tulosten arviointi

6.1 Meluselvityksen laatiminen

Ampuma- ja harjoitusalueen meluselvitys tehdään mallilaskennan avulla. Laskentaselvitystä voidaan lisäksi täydentää mittauksin. Mallilaskenta on yleensä yksinään riittävä meluselvitysmenetelmä. Mallilaskenta käsittää yleensä sekä pistelaskennan altistuviin kohteisiin että meluvyöhykkeiden eli melutasokartan tai karttojen määrittämisen.

Laskentamallilla arvioitu melu voidaan haluttaessa tarkistaa mittaamalla. Mittauksia suositellaan tehtäviksi ensisijaisesti alueen lähiympäristössä, tarkoituksena tarkentaa melumallinnuksen laskentatuloksia. Toissijaisesti voidaan mittauksia tehdä myös kauempana lähimpien altistuvien kohteiden luona.

Ampuma-alueella saattaa ilmetä tilanne, että aikaisemmin selvitetyn melutilanteen arvioidaan muuttuneen. Ensisijaisesti tilanne päivitetään uusimalla mallintamalla tehty meluselvitys. Arviointia voidaan haluttaessa täydentää melutason tarkistusmittauksin.

Jos alueella on toteutettu toiminnallisia meluntorjuntatoimia, jotka on mitoitettu mallintamalla, niiden vaikutukset voidaan haluttaessa tarkistaa mittaamalla. Mittauksia suositellaan tehtäviksi ensisijaisesti tuliasemien lähiympäristössä.

6.2 Tarkasteltavat melutasot

Ampuma-alueen melun mallilaskenta tuottaa raakatuloksina kunkin yksittäisen melulähteen A- ja C-äänialtistustasojen L_{AE} ja L_{CE} meluvyöhykkeet. Melulähde muodostuu asesta, ampumatarvikkeesta sekä tuliaseman tai iskemäkohdan yhdistelmästä. Samoin ampuma-alueen melumittaukset tuottavat kussakin mittauspisteessä samojen äänitasojen pisteittäiset tulokset mitattavalle melulähteelle eli aseelle, ampumatarvikkeelle sekä tuliasemalle tai iskemälle.

6.2.1 Yksi melulähde, kokonaisaltistus

Yhden melulähteen tuottamaa kokonaismelualtistusta edustavana suurena lasketaan A-keskiäänitasoon L_{Aeq} perustuva koko vuoden vuorokausiarviotaso L_{Rden} . Se lasketaan melulähteen yhden melutapahtuman A-äänialtistustasosta L_{AE} ottamalla lisäksi huomioon vuorokaudenajat ja viikonpäivät, niiden kestot sekä koko tarkasteltavan vuoden aikana ammuttujen laukausten lukumäärät ja lopuksi raskaiden aseiden ja räjähteiden melun impulssikorjaus.

Koko vuoden vuorokausiarviotaso L_{den} lasketaan yhtälöllä

$$L_{den} = L_{AE} + 10 \lg N_a - 10 \lg T_a + 10 \lg (p_0 + 3,16 \cdot p_5 + 10 \cdot p_{10})$$

jossa

N_a on vuotuinen laukausmäärä

T_a on koko laskettavan ajanjakson (vuoden) kaikkien arkipäivien päiväaikojen yhteiskesto sekunteina

p_0 on niiden laukausten suhteelliset osuudet koko ajanjakson laukauksista, joihin ei liitetä vuorokaudenajan tai viikonlopun korjausta

p_5 on niiden laukausten suhteelliset osuudet koko ajanjakson laukauksista, joihin liitetään vuorokaudenajan tai viikonlopun korjaus +5 dB

p_{10} on niiden laukausten suhteelliset osuudet koko ajanjakson laukauksista, joihin liitetään vuorokaudenajan tai viikonlopun korjaus +10 dB

Nämä kolme laukausmääräosuutta muodostuvat puolestaan arkipäivien (klo 7–19), arki-iltojen (klo 19–22) sekä viikonlopun päivä- ja ilta-aikojen osuuksista:

$$p_0 = p_d; \quad p_d \text{ on arkipäivien päiväajan osuus}$$

$$p_5 = p_e + p_{wd}; \quad p_e \text{ on arki-iltojen ja } p_{wd} \text{ viikonlopun päivän osuus}$$

$$p_{10} = p_n + p_{we}; \quad p_n \text{ on yön ja } p_{we} \text{ viikonlopun illan osuus}$$

Arki-illan, kaikkien öiden, viikonlopun päivän ja viikonlopun illan korjaukset sekä niiden arvot absoluuttisina kertoimina ovat

$$K_e = K_{wd} = +5 \text{ dB} \quad 3,16 = 10^{(5/10)}$$

$$K_n = K_{we} = +10 \text{ dB} \quad 10 = 10^{(10/10)}$$

Koko ajanjakson laskennallisten ammuntopäivien yhteiskesto lasketaan vuoden arkipäivien lukumäärän ($= 52 \times 5 = 260$) ja päiväajan keston ($= 12 \text{ h}$) tulona. Yhteiskesto on

$$T_a = 260 \times 12 \times 3600 = 11\,232\,000 \text{ [s]} \quad 10 \lg T_a = 70,5 \text{ [dB]}$$

Ampumamelun vuorokausiarviotason laskennassa koko viikonlopun päivääjalle annetaan +5 dB ja ilta-ajalle +10 dB painotukset. Tämä voidaan tulkita myös niin, että viikonlopun päivä- ja ilta-ajalle lisätään arkipäivien ja arki-iltojen painotusten lisäksi viikonloppupainotus +5 dB.

Lopuksi tulokseen lisätään impulssikorjaus, jolloin saadaan ampuma- ja harjoitusalueen ampumamelun koko vuoden meluarviotaso:

$$L_{Rden} = L_{den} + K_I$$

jossa $K_I = +15 \text{ dB}$.

6.2.2 Yksi melulähde, enimmäismelu

Kun selvittävänä on yhden melulähteen melu kerrallaan, edellä mainittu C-äänialtistus-taso L_{CE} on suoraan selvityksessä ilmoitettava enimmäismelun tulos.

6.2.3 Usean melulähteen yhdistetty melu

Jos ampuma- ja harjoitusalueella on käytössä useita asetyyppejä ja ampumatarvikkeita, useita tuliasemia tai useita maalialueita, niiden yhdistetty melu muodostetaan seuraavasti. C-äänialtistus-tasolle valitaan kussakin pisteessä ase-, ammus- sekä tuliasema- tai iskemä-kohtaisista melutasoista suurin

$$L_{CE} = \max_{i=1}^N [L_{CE,i}]$$

missä $\max[]$ on maksimifunktio, i on indeksi ja N aseiden (vaihtoehtojen) lukumäärä.

Keskiäänitasoon perustuvalle koko vuoden vuorokausiarviontasolle lasketaan eri melulähteiden eli aseiden, ampumatarvikkeiden sekä tuliasemien tai iskemien tuottamien melutasojen energiasumma

$$L_{\text{Rden}} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{(L_{\text{Rden},i}/10)}$$

Raskaiden aseiden ja räjähteiden melua arvioidaan erikseen muusta ympäristömelusta, käyttäen RAME-asetuksen ohjearvoja tai toimenpideraja-arvoja. Muuta mahdollista melua ei yhdistetä ampumamelun tulosten kanssa.

6.3 Raportointi

6.3.1 Perustiedot

Mallintamalla tehdyn meluselvityksen raportissa ja mittausraportissa esitetään vähintään seuraavat perustiedot

- Raportin numero, organisaatio, tekijät, yhteystiedot ja päiväys
- Viittaus RAME-asetukseen ja RAME-arviointiohjeeseen
- Ohje- ja toimenpideraja-arvot
- Kaavoituksen ja ympäristöluvan tilannekuvaus

6.3.2 Laskentaselvitys

Mallintamalla tehdyn meluselvityksen raportissa esitetään vähintään seuraavat lähtötiedot ja tulokset.

Toiminnan lähtötiedot

- Sanallinen kuvaus selvittävästä ampuma- tai harjoitusalueesta ja sen lähiympäristöstä.
- Vuotuisen laukausmäärän määrittäysperusteet.
- Taulukko aseista, ampumatarvikkeista ja laukausmääristä; jos laskennallinen vuosi edustaa useamman kuin yhden vuoden keskiarvoa, laukausmäärät taulukoituna vuosittain.
- Maininta mahdollisista poikkeavina vuorokaudenaikoina ammuttavista laukauksista.
- Melupäästöjen kokonaisäänien energiatasot L_{JA} ja L_{JC} taulukoituna melulähteiden meluisuuden vertailtavuuden vuoksi.

- Muuten melupäästöjen osalta viittaus, että käytetyt yksityiskohtaiset päästötiedot ovat peräisin Puolustusvoimien viimeisimmästä, voimassa olevasta tietokannasta eli emissiokortistosta.

Mallinnus

- Käytetty laskentaohjelma ja sen versio.
- Laskentamallin asetukset: viittaus tähän ohjeeseen ja kuvaus mahdollisista asetusten poikkeamista.
- Maastomalliaineiston alkuperätiedot.

Tulosten tarkastelu

- Vertailu ohje- ja toimenpideraja-arvoihin nimetyissä altistuvissa kohteissa
- Vertailu alueen mahdollisiin aiempiin selvityksiin.

Liitteet (4 kpl)

Selvitetyin toiminnan karttaliite

- Liite A: Melulähteiden (ja mahdollisten mittauspisteiden) sijainti, ampuma- tai harjoitusalueen raja sekä ympäristön altistuvat kohteet.

Selvityksen tulosten karttaliitteet

- Liite B: Vuosiarviotason L_{Rden} meluvyöhykkeet
- Liite C: C-äänialtistustason L_{CE} meluvyöhykkeet
- Liite D: Melualue L_{Rden} 55 dB

6.3.2 Melutasomittaukset

Mikäli selvitys käsittää myös melutasomittauksia, niistä raportoidaan seuraavat tiedot.

- mittauspisteiden sijainti (pisteet merkitty liitteen A karttaan)
- mittauksen aikana käytetyt aseet ja ampumatarvikkeet
- mittauslaitteisto ja kalibrointi
- mittausajat
- sääolosuhteet (lämpötila, kosteus, tuulen suunta ja nopeus, pilvisyys, mahdollinen lumipeite)
- lämpötilagradientin määrittäminen (mikäli tarpeen)

- mittaustulostaulukko (A- ja C-äänialtistustasot L_{AE} ja L_{CE})
- vertailu laskentatuloksiin
- vertailu aiempiin vertailukelpoisiin mittaustuloksiin.

6.4 Epävarmuus

6.4.1 Epävarmuuden määritelmät

Ampumamelun selvitystulosten epävarmuudesta on vaikea muodostaa täsmällistä arviota. Hankaluus koskee erityisesti laskentatuloksia ja se alkaa jo epävarmuuden määritelmästä. Mikä on sen ”oikean” äänitason arvo, jota laskennassa tai mittauksissa tavoitellaan?

Tässä arviointiohjeessa katsotaan, että *oikea tulos on hyvin pitkän mittaussarjan energiakeskiarvo, joka on määritetty hyväksyttävissä olosuhteissa* ja että laskennan epävarmuus on laskentatuloksen poikkeama tästä tuloksesta.

Mittausten epävarmuuden estimaatti puolestaan saadaan mittaustulosten vaihtelusta ja hajonnasta energiakeskiarvon ympärillä. Mittausten epävarmuutta voidaan siten estimoida karkeasti jo pienenkin mittaussarjan tulosten perusteella.

Sen sijaan laskennan epävarmuuden määrittäminen edellyttäisi välttämättä hyvin pitkää mittaussarjaa, johon laskentatulosta voitaisiin verrata. Tällaista mittaussarjaa ei ole käytännössä mahdollista tehdä, joten laskennan epävarmuudesta ei voi esittää estimaattia.

Laskennan luotettavuutta on kuitenkin testattu kattavasti. Kun laskentamallia käytetään ohjeiden mukaisesti, laskentatulokset antavat luotettavan kuvan melusta. Tulos (kussakin laskentapisteessä) voidaan ilmoittaa yhdellä luvulla, ilman siihen lisättävää arviota epävarmuudesta.

6.4.2 Laskennan ja mittausten keskinäinen epävarmuus

Tämän ohjeen taustaraaportissa^[4] on tarkasteltu hyvin suurta laskenta- ja mittaustulosparien joukkoa. Vertailun tuloksena on saatu toistaiseksi paras arvio mallilaskennan ja mittausten keskinäisestä epävarmuudesta.

Taustaraaportin vertailu osoittaa, että mittaustulosten vaihteluväli verrattuna laskentatulokseen voi olla välillä –30...+10 dB. Suositelluissa sääoloissa päiväkeskiarvojen vaihteluväli supistuu suunnilleen välille –15...+5 dB.

Laskentatulosten ja hyväksyttävissä oloissa saatujen mittaustulosten erotuksen keskihajonta on noin 5 dB ja 90 % luottamusväli noin 9 dB.

7 Melualue

7.1 Meluvyöhyke ja melualue

Ampuma- tai harjoitusalueen meluselvityksen päätarkoitus on ensin meluvyöhykkeiden ja edelleen melualueiden määrittäminen. Aluetta, jolla melun ohjearvo tai ympäristöluvan melun raja-arvo ylittyy, on periaatteessa kutsuttu melualueeksi, mutta täsmällisesti kyseessä on vasta ohje- tai raja-arvoa vastaava meluvyöhyke. Erityisesti juuri ampumamelun tapauksessa on tarpeen tehdä ero meluvyöhykkeen ja melualueen välillä. Melualue muodostetaan selvityksen jatkotoimenpiteenä selvityksen tuottamien meluvyöhykkeiden perusteella.

Ampumamelun melutason mittaaminen on käytännössä mahdollista vain rajallisessa määrässä mittauspisteitä, jotka yleensä sijoitetaan melulle altistuvien kohteiden, kuten asuintalojen pihapiirin lähelle. Jos halutaan muodostaa ampuma-alueen ympäristön melutasokartta, on käytettävä mallilaskentaa.

Mallilaskennan tulos eli melukartan äänitasokäyrien rajaamat alueet ovat nimeltään **meluvyöhykkeitä**. Kartta esittää esimerkiksi koko vuoden meluarviotason L_{Rden} meluvyöhykkeitä 50–55 dB, 55–60 dB ja 60–65 dB.

Ampumamelun tapauksessa melulähteen pistemäisyys yhdessä melulähteen pienen korkeuden, suhteellisen suuren leviämistäisyyden ja maaston vaihtelevien muotojen kanssa tuottaa usein muodoltaan mutkikkaita, liuskoittuneita ja rikkonaisia meluvyöhykkeitä. Ne saattavat koostua useista erillisistä alueista, jopa pienistäkin saarekkeista. Erityisesti voimakkaasti vaihtelevassa maastossa meluvyöhykkeet voivat olla hyvinkin sirpalemaisia. Tällaisten vyöhykkeiden käyttäminen alueidenkäytön suunnittelussa ja kaavoituksessa ei ole tarkoituksenmukaista. Ampumamelun meluvyöhykkeitä täytyy yksinkertaistaa niitä varten.

Alueidenkäytön suunnittelussa, kaavoituksessa ja rakennusluvista sovelletaan käsitettä **melualue**, joka ei siis ole sama käsite kuin meluvyöhyke. Melualue on alue, johon kaavoituksessa voidaan kohdistaa rajoituksia, esimerkiksi rakentamiselle.

7.2 Melualueen muodostaminen

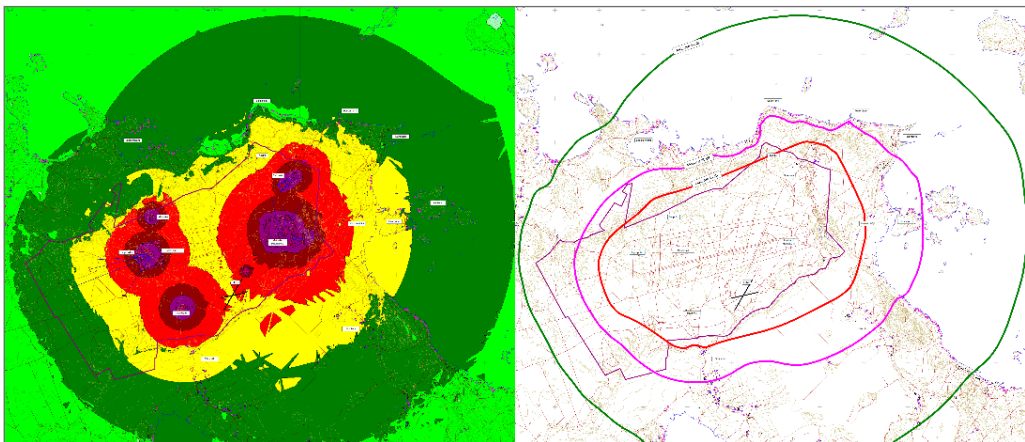
Melualue muodostetaan tiivistämällä ja pelkistämällä mallilaskennan tuloksena saatua liian yksityiskohtaista tietoa melusta yksinkertaisempaan ja jatkokäyttöä varten käyttökelpoisempaan muotoon. Melualue tai -alueet muodostetaan mallilaskennan tuottamien meluvyöhykkeiden pohjalta.

Melualueen tai -alueiden tulee muodostua meluvyöhykkeisiin verrattuna selkeämmistä ja mieluiten yhtenäisistä alueista. Melualue on sellainen pehmeän, sulkeutuvan käyrän rajaama alue, joka sulkee sisäänsä tietyn meluvyöhykkeen ulkorajan käyrät.

Melualueen muodostaminen aloitetaan kyseistä melutasoväliä edustavasta suuresta meluvyöhykkeestä, joka sulkee sisäänsä melulähteen. Tämän päävyöhykkeen sisällä olevat pienet alueet, joiden melutasoväli on alempi kuin kyseisen vyöhykkeen, poistetaan. Vyöhykkeen ulkopuolella olevat pienet saman melutasovälin saarekkeet poistetaan ja suuremmat yhdistetään päävyöhykkeeseen. Jos jokin suurehko saareke on selvästi perustellusta syystä (maaston tai melulähteiden sijainnin perusteella) irrallaan muusta vyöhykkeestä, se voidaan jättää erilliseksi melualueeksi.

Mikäli tarkasteltavalla alueella on merta tai järviä, melualueet määritetään vain saarien ja rantojen maa-alueille laskettuihin melutasovyöhykkeisiin perustuen. Jos jotkin ympäristöään suuremman melutasovälin saarekkeet ovat kokonaisuudessaan meren tai järven vesialueella, ne voidaan poistaa, koska niiden merkitys on melualueiden käyttötarkoitusten kannalta hyvin vähäinen.

Lopuksi alueiden reunakäyriä pehmennetään. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki ampuma-alueen meluvyöhykkeistä ja niiden perusteella muodostetuista melualueista.



Kuva 1. (vasen) Ampuma-alueen mallintamalla lasketut meluvyöhykkeet ja (oikea) niiden perusteella muodostetut ampuma-alueen melualueet.

8 Tiedottaminen ja vuorovaikutus

RAME-asetuksen 5 §:n 1 momentin mukaan toiminnanharjoittajan on tiedotettava lähi-alueen asukkaita etukäteen ammunnoista ja räjäytyksistä, joista aiheutuu poikkeuksellista melua sekä harjoittelusta, josta aiheutuu melua ja joka tapahtuu illalla tai yöllä. Tiedottamisesta voidaan poiketa, jos toiminnan luonne sitä edellyttää.

Vaikka asetuksen vaatimus koskee poikkeuksellista melua, riittävän hyvissä ajoin tapahtuva tiedottaminen on yleinen toimintamalli raskaiden aseiden amuntojen sekä merkittävämpien räjäytysten osalta. Tiedottamisesta voidaan poiketa lähinnä silloin, kun ammunnan järjestämisestä päätetään niin nopealla aikataululla, ettei tiedottamista enää ehditä järjestämään tai toiminnasta aiheutuva melu on vähäistä. Tiedottamisesta voidaan poiketa myös silloin, jos tiedottamisesta on muuta haittaa puolustusvoimien lakisääteisten tehtävien toteuttamiselle.

Puolustusvoimat tiedottaa ammunnoista ja melusta ampumatiedotteilla verkkosivuillaan (www.puolustusvoimat.fi) sekä teksti-tv:ssä. Ampumatiedotteessa kerrotaan millä asejärjestelmillä ammunnat ja mahdolliset räjäytykset toteutetaan, ammuntapäivät sekä kellonajat. Ilmoituksessa kerrotaan myös, mikä joukko-osasto amuntoja suorittaa sekä mistä puhelinnumerosta asiasta saa lisätietoja. Ammunnoista tiedotetaan myös alueen ilmoitustaululla ja muilla tarvittavilla tavoilla.

RAME-asetuksen 5 §:n 2 momentin mukaan toiminnanharjoittajan on pidettävä nähtävillä ampuma- ja harjoitusalueiden käyttöä koskeva ajantasainen vuosisuunnitelma ampuma-aluekohtaisesti. Vuosisuunnitelman tarkoituksena on lisätä lähialueen asukkaiden ja muiden sidosryhmien tietoisuutta tulevista ammunnoista ja räjäytyksistä siten, että he voivat hyödyntää tietoa oman toimintansa suunnittelussa. Vuosisuunnitelmaan voi tulla toimintaan liittyviä muutoksia toimintakauden aikana. Toiminnanharjoittajalla on velvollisuus varmistaa, että tällaiset suunnitelman muutokset päivitetään yleisesti nähtävillä olevaan suunnitelmiin. Jos toimintakauden aikana suunnitelmaan tulee merkittäviä volyymin tai ajankohdan muutoksia, näistä tulee tiedottaa lähialueen asukkaita riittävällä tavalla.

RAME-asetuksen 5 §:n 3 momentin mukaan toiminnanharjoittajan on järjestettävä kansalaisille mahdollisuus esittää mielipiteensä ampuma- ja harjoitusalueiden käytöstä sekä pidettävä kirjaa asukkaiden melusta tekemistä yhteydenotoista. Mielipiteen esittäminen voidaan mahdollistaa eri tavoin riippuen toiminnan laajuudesta, poikkeuksellisuudesta, pysyvyydestä sekä toistuvuudesta. Kaikkein merkittävimmillä ampuma-alueilla on olemassa yhteistyöryhmät, jotka kokoontuvat säännöllisesti. Näissä tilaisuuksissa sidosryhmillä on mahdollisuus nostaa keskusteluun alueiden käyttöön ja meluun liittyviä asioita. Tyypillisesti tilaisuuksissa saatetaan esimerkiksi keskustella ajanjaksoista, jolloin melua ei esiintyisi sekä käydä läpi menneen kauden kokemuksia. Mahdollisuus mielipiteen ilmaisemiseen voidaan varata myös ilmoittamalla yhteystieto, johon voi olla yhteydessä meluun liittyvissä asioissa.

Melusta tehdyistä yhteydenotoista on pidettävä kirjaa, jotta voidaan varmistaa, että yhteydenottoihin vastataan asianmukaisesti ja toiminnanharjoittajalla sekä valvovalla viranomaisella on mahdollisuus muodostaa kokonaiskuva esimerkiksi muutoksista yhteydenottojen määrässä. Kirjaamisen tulee tapahtua ohjeistetusti siten, että kaikki samaa aluetta koskevat yhteydenotot kirjataan samaan paikkaan, jotta tilastosta tulee luotettava. Jotta meluun liittyvästä palautteesta olisi mahdollista ylläpitää kattavaa tilannekuvaa, on suositeltavaa, että myös kuntiin ja valtionviranomaisiin tehdyt yhteydenotot toimitetaan tiedoksi toiminnanharjoittajalle.

RAME-asetuksen tiedottamista koskevat velvollisuudet sisällytetään osaksi puolustusvoimien ampuma- ja harjoitustoimintaa koskevaa ohjeistusta.

LÄHTEET

1. Raskaiden aseiden ja räjähteiden aiheuttaman ympäristömelun arviointi. *Puolustusvoimien ohje*, Helsinki 2005. 28 s. + liitt. 19 s.
2. Valtioneuvoston asetus 903/2017 raskaiden aseiden ja räjäytysten melutasoista. Helsinki 2017-12-14.
3. Raskaiden aseiden melutasojen sääntelyä valmisteleva työryhmä, YM017:00/2015
4. Lahti T & Markula T, Raskaiden aseiden ja räjähteiden melun arviointi. *Akukon* 160018, Helsinki 2017. 66 s.
5. SFS-ISO 1996-1:2016. Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures. *International Organization for Standardization*, Genève 2016; *Suomen Standardisoimisliitto SFS*, Helsinki 2016.
6. SFS-EN-ISO 3744:2010. Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane. *International Organization for Standardization*, Genève 2010; *Suomen Standardisoimisliitto SFS*, Helsinki 2010.
7. IEC 61672-1:2002. Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications. *International Electrotechnical Commission*, Genève 2002.
8. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta. EY-VL L 189, 2002-07-18, s. 12.
9. Jokitulppo J, Lahti T & Markula T, Ampumamelun arviointi. Kirjallisuusselvitys. *Suomen ympäristö* 39:2007, Ympäristöministeriö, Helsinki 2007. 69 s.
10. Brink M & Wunderli J-M, A field study of the exposure-annoyance relationship of military shooting noise. *J Acoust Soc Amer* 127 (2010)4, 2301–2311.
11. Kragh J, Andersen B & Jakobsen J, Environmental noise from industrial plants. General prediction method. *Danish Acoustical Laboratory, report* 32. Lyngby 1982. 54 s. + liitt. 35 s.
12. Valtioneuvoston asetus raskaiden aseiden ja räjäytysten melutasoista, muistio. *Ympäristöministeriö*, Helsinki 2017-12-14.
13. NT ACOU 099 (ed. 2). Shooting ranges. Prediction of noise. *Nordtest*, Espoo 2002. 17 s.
14. SFS-ISO 1996-2:2007. Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of environmental noise levels. *International Organization for Standardization*, Genève 2007; *Suomen Standardisoimisliitto SFS*, Helsinki 2014.

Raskaiden aseiden ja räjäytysten melu eroaa monin tavoin muusta ympäristömelusta. Ampuma- ja harjoitusalueiden toiminnan tuottamassa melussa on useita erityispiirteitä, jotka lisäävät melun häiritsevyyttä.

Ampuma- ja harjoitusalueilla on toimintaa vain ajoittain. Melu on äkillistä, hyvin lyhytaikaista ja hetkellisesti voimakasta. Se on myös pienitaajuisia, minkä vuoksi ääni vaimenee edetessään tavanomaista ympäristömelua vähemmän. Melun voimakkuus altistuvissa kohteissa vaihtelee huomattavasti sääoloista riippuen. Ohjeessa esitetään menettelytavat raskaiden aseiden ja räjäytysten melun mallintamiseksi. Mallilaskennan tuloksena saadaan melutason kartta kaikkialla ampuma- ja harjoitusalueen ympärillä. Ohjeen mukaan mallinnus on melu- selvityksen pääasiallinen ja yleensä yksinään riittävä menetelmä.

Ohje kattaa kaikki melun arvioinnin ja selvitysten osa-alueet: käytettävät melutasosuureet, melun mallilaskennan, melupäästö- ja melutasomittaukset sekä melualueiden määrittämisen. Mallintamalla lasketaan meluvyöhykkeet, laskennan lähtöarvoja varten tarvitaan melulähteiden melupäästömittauksia, melutasomittaukset altistuvissa kohteissa voivat tarjota lisätietoja ja lopuksi mallinnetuista meluvyöhykkeistä muodostetaan melun ohjearvoa vastaava melualue.

Ohje korvaa Puolustusvoimien aikaisemman suositusarvo-ohjeen.



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

ISBN 978-952-11-4801-9 (PDF)

ISSN 1796-1653 (PDF)